

# 土壤生态学的现状与趋势<sup>\*</sup>

杨林章 律兆松 董元华

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

文章认为,土壤生态学应以微观研究与宏观研究并重。前者包括新理论、新方法、物质与能量转换机理及生态建模及其应用研究;后者主要包括生态系统的演替、生态系统网络的建立、资源生态与环境生态等5个方面。

土壤生态学是土壤学、生态学、地理学相互交叉的边缘学科,近年来又与环境学科相交叉,形成了具有广泛研究领域的一门新兴学科。它主要研究土壤——植被系统的结构、功能、演化及调控规律;以物质循环、能量流动为研究重点,探讨资源的合理利用,农林牧综合协调发展以及改善环境的有效途径,提高系统的生产力。

近十年来,由于人类面临着人口、资源、粮食、环境等问题的挑战,如何合理利用资源、提高系统生产力及改善环境质量,就成为当今土壤生态学的主要研究内容和发展方向。

## 一、土壤生态学研究现状

70年代以来,土壤生态学的研究主要包括以下几个方面。

### (一)生态学原理应用及新理论的探索

早期,一些土壤生态学家应用生态学原理研究了成土因素与土壤性状的关系,并建立了状态因子方程,通过物质、能量的输入、输出的研究,阐明了土壤形成与环境因子之间的数量关系。70年代以来,生态系统中物质循环及能量流动的研究逐步开展,并与农业生产紧密联系,揭示了物质循环、能量利用与作物产量的关系。近十年来,随着计算机的发展与普及,为研究生态系统的结构、功能,特别是为研究一些复杂系统,提供了有利的条件。系统论及系统分析的方法已广泛应用于土壤生态系统的研究,并在很大程度上推动了土壤生态学科的发展。

### (二)土壤生态系统中物质循环的研究

物质循环的研究包括物质的输入与输出及养分平衡,研究物质在土壤—植被系统各分室的迁移、转化的途径及速率,并寻求控制物质的输入与输出,提高土壤生态系统生产力的途径。目前物质循环的研究涉及到了各类生态系统,如森林生态系统、草原生态系统、农田生态系统以及复合农业生态系统;研究的元素包括C、N、S、P及其他矿质元素与一些微量元素。Radin等人在研究了森林生态系统中碳的循环后认为,森林生产为陆地第一性生产的

\* 本文承蒙徐琪先生审阅斧正,王德建、蔡立同志提出宝贵意见,一并致谢。

49%，现存生物量的绝大部分也聚集于该生态系统，并随凋落物而转移到土壤，从而进入新的循环。Bulow—Olsen，张小川等人对草原生态系统中营养物质的循环进行研究后也认为，草原生态系统中营养物质的循环主要在土壤和动植物之间进行，后者还运用生态系统分室模型研究了羊草—小乐草草原及大针茅草原中Si、Al、Fe、和Mn的循环，提出营养物质的亏缺是草场退化的重要原因之一，农田生态系统中物质循环的研究，是土壤生态系统研究的核心部分，也是研究最多的领域。它主要包括不同耕作制度下物质输入输出的特征及与土壤肥力、作物产量的关系；不同施肥条件下物质循环特征与系统生产力的关系。目前，有关复合农业生态系统中物质循环的研究也愈来愈受到重视。吴珊眉等人研究了有机、无机肥料氮在土壤—黑麦草—兔亚系统中的循环，结果表明，有机肥使无机肥态氮在土壤中的固化作用增加，使无机肥料氮向环境的转移量下降。这一食物链中氮素再循环指数达0.5，生态稳定性优于单一种植系统。郭俊尧等人研究了农副渔复合生态系统中的物流与能流，在“农田—养猪—养鱼”系统的次级生产过程中，32—51%的氮、68—81%的磷、16—81%的钾及20%的有机质得到了回收而投入生物再循环，提高了养分利用率，经济效益也十分明显。

### (三) 土壤生态系统的能流研究

土壤生态系统中能量的研究主要有以下两个方面。即成土过程中能量的消耗及生物种群间能量动态的研究。前者以苏联的Volobuyev等人为代表，推导出了能量消耗公式： $Q = Re^{-1/mk}$  (式中Q—土壤形成中消耗的能量；R—太阳辐射能平衡；k—年平均相对湿度；m—生物地理群落的生物活性；e—自然对数底)，并用它发展了道库恰耶夫的成土因素学说及土壤地带性分布学说。

生物种群间能量动态的研究，主要包括土壤中微生物、微动物的研究，即微生物对养分活化、转移及对改善土壤环境的影响；微动物在土壤形成、养分供应、改善土壤结构等方面的功能及这些过程中能量动态的研究。黄福珍等人应用 $^{32}P$ 研究了蚯蚓对土壤中磷的固定及磷肥利用率的影响。近来有关工业污染源对农田生态系统土壤动物群落的影响也有报道。能量研究的另一方面是复合生态系统中能流的研究，如农牧渔系统、基塘系统、“稻草—凤尾菇—蚯蚓—肉鸡”食物链的能流等方面均开展了研究，并成为当今能流研究的重要方面。

### (四) 土壤生态系统研究与资源环境

近年来人们对研究土壤生态系统中物质循环、能量转换与资源合理利用、环境建设的相互关系给予了重视。南京土壤研究所在“七·五”期间就红壤地区农业资源的合理利用与开发进行了研究，提出了以复合农业生态为主的农业发展优化模式。三峡工程对生态环境的影响与对策研究也是国家“七·五”重大研究课题，围绕大型水利工程对农业生态要素如耕地质量、种植业结构、农作物产量、中下游地区的土壤潜育化、沼泽化及河口土壤盐渍化的影响开展了深入的研究，并为水利工程的建设，改善生态环境提供了决策依据。

## 二、土壤生态学研究趋势

前述的研究工作无疑对土壤生态学科的发展起到了奠定基础的作用。90年代土壤生态学的研究应包括宏观与微观两个方面。

### (一) 土壤生态系统的微观研究

#### 1. 新理论、新方法的研究

一个学科的发展在于不断引进其他学科的理论，同时创立本学科的新理论，建立新的研

究方法。近年来人们把耗散结构理论、生态界面理论、生态环境脆弱带(ECOTONE)引入了生态系统的研究,但目前仍停留在理论探索阶段,很少运用于生态系统的实际工作中去。生态环境脆弱带与生态界面理论定义相仿,主要是研究物质或能量在界面(空间域)中的行为及去向。如王信理\*对林茶间作系统生态界面层中光、温、水、风的空间分布进行了研究,认为这些环境因子与植物体的空间分布和生理活性密切相关,与物质循环及能量吸收密切相关。这些理论在实际工作中的论证及应用,以及用实际研究成果来完善新的理论等方面是今后研究的方向。

系统论及系统分析方法的运用也是今后发展的方向。土壤—植被系统的结构非常复杂,中间环节较多,要对系统的物质循环与能量转换进行剖析,必须借助于系统分析的方法,建立动态模型,实施预测,通过控制生态因子达到提高系统生产力的目的。

## 2. 物质循环与能量转换过程及机理的研究

物质循环主要受物理、化学、生物及人为等因素的影响,物质输入、输出系统的过程及机理是物质循环研究的重要方面。如微生物、微动物对养分活化、迁移的影响;养分通过界面迁移的动力学;养分进入各级食物链的过程及数量特征;不同耕作制度,不同施肥条件下物质循环程度及与作物产量的关系等将成为今后研究的重点。

能量转换、提高能量的利用率是土壤生态学研究的基本问题。包括如何通过合理施肥,改进耕作制度与作物布局,提高复种指数等来提高光能的利用率,提高系统生产力的研究。其中主要是提高农田生态系统、草原生态系统的第一性生产力,以及能量通过食物链的传输过程及定量化研究。此外,复合农业生态系统中能量传输过程及辅助能的投入、能量折算标准等也将是能量研究的重要方面。

## 3. 生态建模的方法及应用研究

生态模型包括物质循环、能量转换的数学模型、农业系统结构最优化模型等。在实际工作中应根据不同的研究目的及对象,选择不同的模型。如Van Heemst为了模拟作物的生长速率,提出了干物质积累模型;Lars Kamp—Nielsen建立了沉积物—水体间物质交换的数学模型,包括静态及动态模型,并进行了实例分析。此外还有土壤与根系间营养元素交换模型,村级农田生态系统氮流的动态模型等。今后,应着重研究建立模型的方法及模型的实际应用,并能在宏观上指导合理施肥、资源利用及建立合理的农林牧结构。

### (二)土壤生态系统的宏观研究

#### 1. 土壤生态系统演替的研究

无论是自然土壤生态系统还是农业土壤生态系统,都处于不断的发展变化之中,是历史的演替过程。在演替过程中,系统的结构、功能及生产力均发生一系列的变化。演替有两种情况:一种是自然演替,如湖泊—沼泽—草甸→森林土壤(或低湖田)生态系统的演替过程;另一种是受人为因素影响的演替过程。实际上人类面临的许多土地问题都是演替的结果。如土地退化就是在人为干扰条件下土壤生态系统的演替过程。由于人类掠夺式的经营,土壤发生侵蚀,遭受污染,土壤肥力下降,出现严重的限制因子,土壤向恶性循环方向演替,其结果是系统结构变简单,功能下降,抵御自然灾害的能力下降,最终综合表现为系统生产力下降;又如农业的改制,实质是快速改变系统的生物组成,系统的结构、物质循环强度变化,其目的是通过调整作物布局,充分利用光、热、水等自然资源,提高系统的生产力。因此,研

\* 王信理,生态边界层理论及其应用的初步研究,南京林业大学博士论文,1990。

究土壤生态系统演替的生态环境条件、机理、过程，及演替过程中物质循环与能量转化的特征，对调控系统的发展具有科学意义，对防止土地退化、实施重大的农业技术革新具有实际的指导意义。

## 2. 建立土壤生态系统研究网络

我国幅员辽阔，土壤生态系统类型多，不同地区由于自然条件不同，社会、经济发展不平衡，土壤生态系统的结构、功能各有特点，尤其是物质的投入、产出的数量及系统的效益差异很大。建立不同地区、不同类别的长期定位研究，形成研究网络，探索系统物质循环、能量转换的规律，以便提出因地制宜的调控措施。在此基础上，建立我国主要土壤生态系统物质循环数据库，为区域整治与开发，生态农业建设，提供宏观的决策依据。

## 3. 资源生态与环境生态的研究

资源开发与利用过程中土壤生态系统的研究，主要是根据当地的自然条件、资源优势，建立合理的生态系统结构，充分发挥功能。如红壤资源开发过程中，应以农林牧的综合协调发展为重点，建立合理的农业结构优化模式，达到节约资源，提高生产力与经济效益的目的。对大型水利工程对农业生态环境的影响，应着重研究工程对水土流失、潜育化、沼泽化及土地承载能力等的影响，并预测这些影响的潜力。

此外，土壤生态系统物质循环与“全球变化”的许多方面有着内在的联系。如“温室效应”气体自土壤的释放，硝酸盐向地下水的迁移等均与物质循环有关。研究这些物质如何从土壤生态系统的C、N、S循环中逸离出来及对生态环境的影响是非常重要的，也是很有意义的课题。

## 4. 复合农业生态系统中物流与能流的研究

复合农业生态系统是资源节约型的农林牧综合发展的优化模式。当前的研究已涉及到物质与能量在各亚系统间的循环与流动，有些研究还运用了示踪技术，但大多数是在小区实验条件下的结果。今后除继续开展物流与能流的研究外，更多地则要探讨区域或地区性的复合农业生态系统的结构模式、物流与能流的特征，并通过模型指导复合农业生态系统的建设。

## 5. 探讨土壤生态系统评价的理论与方法

土壤生态系统类型多，如何确定一个系统的功能的高低，必须对系统的功能进行评价，在大量研究工作的基础上建立以物质循环、能量转换为主要特征的生态系统功能的评价体系。И.И. Карманов等提出的以土壤生态指数为依据的土壤评价，是以自然条件、土壤性状及土壤生产力为主，似不够全面。今后应研究土壤生态系统评价的指标体系，评价标准及评价方法，并研究功能评价的实际意义，指导生态系统的建设与区域性资源的开发利用。(参考文献21篇从略)